

林業経営計画におけるファジイ意思決定法の応用について (1)

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	野上, 啓一郎
巻/号	72巻1号
掲載ページ	p. 23-26
発行年月	1990年1月

論 文

林業経営計画におけるファジイ意思決定手法の応用について(I)
線形計画における代替案の作製

野上啓一郎*

野上啓一郎：林業経営計画におけるファジイ意思決定手法の応用について (I) 線形計画における代替案の作製 日林誌 72 : 23~26, 1990 精密な数学モデルの最適解と現実の計画問題の最適解とは一致しない場合が多い。そのような場合における最適化モデルの有効な役割の一つは、モデル化された目的によく合致する一方、決定空間においては広く相違した代替案を作製することである。本研究では、代替案を作製する有効な方法である HSJ 法をファジイ論的側面から考察し、収穫規整に関する LP 問題によって得られる最適解の代替案を作製する方法を検討する。その結果、CHANGらによって提案されたファジイ HSJ 法を林業経営計画に応用することの有効性が確かめられた。

NOGAMI, Keiichirou: **An application of the fuzzy decision-making procedure to forest management planning (I) Generating alternatives in linear programming problems** J. Jpn. For. Soc. 72 : 23~26, 1990 The optimal solution to an exact mathematical model and the optimal solution to the planning problem will not likely be the same. It has been suggested that in such a case a useful role for an optimization model is to generate planning alternatives that are good with respect to the modeled objectives but widely different from each other in decision space. In this paper, the concept of fuzziness is introduced into the HSJ (Hop, Skip, and Jump) method, and illustrations of generating alternatives are provided using a linear programming of the yield regulation problems. It is recognized that the fuzzy approach to the HSJ method is better suited to decision-making under forest planning.

I. はじめに

林業経営計画に対する線形計画モデルの利用には、そのモデルが現実の計画問題の状況を完全に表現できないという理由から、ある種の限界があることは言うまでもない。したがって、精密な数学的モデルによって得られる最適解と、実際の計画問題に対する最適解との間にギャップが生じ、前者から得られる情報・知識の貢献度は、実用的な観点からは低く評価されることにもなりかねない。しかしながら、たとえば、当該線形計画問題における目的(空間)によく一致しつつ、さらに、決定(空間)においては広く異なるような、いろいろな代替案を見いだすことによって、ある程度このような不備を補完することができる。その方法の一つに、BRILLら(1)やMENDOZAら(4)、またCAMPBELL and MEDOZA(2)が土地利用計画や林分レベルでの計画立案に関する代替案の作製において用いた、Hop, Skip, and Jump(HSJ)法がある。しかしこの方法では、たとえば、だいたい x 円以下の費用で、ある目的を達成したいとか、また、少なくとも z 円の費用で、

だいたい y 円の収益を得たいといった、人間の認識における曖昧さの条件を満足する代替案を作製することはできない。ここで、この曖昧さは、確率論で取り扱うような曖昧さ、すなわちランダムネスとは本質的に異なる性格のものであることに注意したい。私たちは、通常、このようなファジイな目的や制約条件下で意思決定を行っている。本研究の目的は、このような意味論的曖昧さを取り扱うことができるような、ファジイ HSJ 法の説明を試みることである。ただし、HSJ 法はもとも、多目的計画における代替案を作製するための方法であるが、以下では単一の目的をもつ計画問題を取り扱う。その主な理由として、1) ここでの主眼点はファジイ HSJ 法を適用した結果の詳細な分析にあるのではなく、その方法の説明にあること、2) 単一的に限ることが、ファジイ HSJ 法の説明自体における一般性を損なうことにはならないこと、3) したがって、ファジイ HSJ 法の説明が簡略化され、本方法の理解が容易になること、4) 現時点において多目的計画に関する適切な解析資料が欠如していることなど、である。

* 静岡大学農学部 Fac. of Agric., Univ. of Shizuoka, Shizuoka 422

II. HSJ 法とファジィ HSJ 法

1. HSJ 法

BRILL ら (1) によって与えられた本方法の一般的なアルゴリズムを以下に示す。

〈ステップ1〉

任意の方法によって初期解を求める。たとえば通常の LP 解をこれに充当してもよい。

〈ステップ2〉

次式を解くことによって、一つの代替案を得る。

$$\begin{aligned} & \text{Min}\{\sum X_j, j=1, 2, \dots, J \\ \text{s. t. } & Z_k(X) \geq T_k, k=1, 2, \dots, K \\ & x \in X \end{aligned}$$

ステップ1において用いた制約条件

ここに、 J : 初期解における決定変数の数、 K : 目的関数の数、 T_k : 目的関数 $Z_k(X)$ の目標値、 X_j : 0 でない決定変数(基底解)。

〈ステップ3〉

以前に得られた基底解を用いて、ステップ2を繰り返すことで、一連の代替案が見いだされる。

2. ファジィ HSJ 法

CHANG ら (3) に従って、ファジィ HSJ 法のアルゴリズムを説明する。

〈ステップ1〉

これは通常の HSJ 法と同じである。本研究では、通常の LP 解をそれに充当する。

〈ステップ2〉

次式を解くことにより、最初の代替案を得ることができる。つまり、

$$\begin{aligned} & \sum X_j \leq z_u, j=1, 2, \dots, J \\ \text{s. t. } & Z_k(X) \leq c_u, k=1, 2, \dots, K \end{aligned}$$

ステップ1において用いた制約条件

ここに、 z_u, c_u : それぞれ決定空間と目的空間における違いの尺度を表す志望水準、 \leq : ファジィ不等号、その他は 1. に同じ。

さて、ZIMMERMANN (7) によれば、上記ファジィ HSJ 法は z_u, c_u のメンバーシップ関数が線形で表現されるとき、通常の線形計画法によって解くことができる。すなわち、それぞれのメンバーシップ関数、 μ_z, μ_c を

$$\mu_z = \begin{cases} 1 & ; \sum X_j = z_l \text{ のとき} \\ (z_u - \sum X_j) / (z_u - z_l) & ; z_l < \sum X_j < z_u \text{ のとき} \\ 0 & ; \sum X_j = z_u \text{ のとき} \end{cases}$$

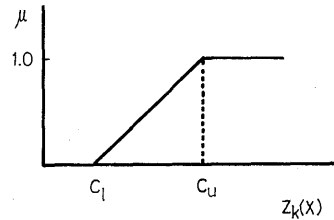
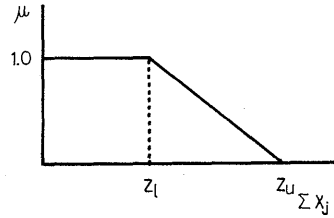


図-1. メンバーシップ関数の一例

$$\mu_c = \begin{cases} 1 & ; Z_k(X) = c_u \text{ のとき} \\ (Z_k(X) - c_l) / (c_u - c_l) & ; c_l < Z_k(X) < c_u \text{ のとき} \\ 0 & ; Z_k(X) = c_l \text{ のとき} \end{cases}$$

で定義すれば(図-1参照)、ファジィ HSJ 法を解くことは、次式で示される通常の線形計画法を解くことと等価となる。

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ \text{s. t. } & (z_u - z_l)\lambda + \sum X_j \leq z_u \\ & (c_l - c_u)\lambda + Z_k(X) \geq c_l \end{aligned}$$

ステップ1において用いた制約条件

〈ステップ3〉

通常の HSJ 法の場合と同様に、以前の解を基底解として、ステップ2を反復することにより、一連の代替案が作製される。

III. 代替案の作製例

ここでは南雲・箕輪 (5) が考案した次のようなモデルの最適解に対する代替案をファジィ HSJ 法によって作製する。1) 9 齢級以上はすべて伐採し、1・2 齢級は伐採しない。ただし 9 齢級を伐採した際の収穫は 8 齢級と同じとする。2) 伐採したら分期限内に植栽する。3) 目的関数は 8 分期間の総収穫量を最大にする。4) 各分期の収穫面積は前分期のそれを超えてはならない。

ファジィ HSJ 法によって上記 LP 問題の最適解に対する代替案を作製するためには、II 章で説明した z_u と c_u に関するメンバーシップ関数を求める必要がある。

表-1. 代替案作製結果 (単位: ha, m³)

齡 級	III	IV	V	VI	VII	VIII	総収穫量 (目的関数)
	齡級別伐採面積(決定変数)						
南雲・箕輪の解*	5.86	350.67	21.10	122.71	84.22	0	216170.30
代替案 1	3.81	317.94	45.64	128.86	78.07	0	215571.57
代替案 2	21.88	323.02	4.92	132.97	95.92	0	214543.10
代替案 3	63.39	235.61	78.63	122.72	84.21	0	213639.37
代替案 4	1.36	278.71	75.07	136.21	70.72	0	214861.59
代替案 5	0	323.01	25.09	158.79	4.52	54.15	212507.29
代替案 6	36.58	289.22	51.82	122.72	84.22	0	214821.01
代替案 7	10.03	214.45	113.53	152.36	58.02	0	213411.50
代替案 8	21.58	319.24	74.47	47.42	121.87	0	214244.63
代替案 9	5.13	274.68	77.02	146.35	60.58	0	214684.54
代替案 10	0	355.84	36.72	87.82	68.95	29.39	213812.28
代替案 11	0.93	271.89	80.20	137.49	69.44	0	214742.96

* 引用文献(5)による。

る。上記 LP 問題の最適解 (5) を参考にしながら、 z_u と c_u に関するメンバーシップ関数(図-1)を、 $z_i=0$, $z_u=585$, また、 $c_i=190,000$, $c_u=250,000$ とおくことによって定義する。メンバーシップ関数の決定は、意思決定者の主観に基づくものであって、それを客観的に決定するような方法はない。このメンバーシップ関数を用いて、前章で説明した理論から、上記モデルに対する代替案を作製するためのファジィ HSJ 法は、次のような通常の線形計画問題に帰着させることができる。

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ & \text{s. t. } 585\lambda + \sum_j X_j \leq 585 \\ & -60,000\lambda + Z_u(X) \geq 190,000 \end{aligned}$$

ステップ 1 において用いた制約条件

ここに目的関数 $Z_u(X)$ とステップ 1 における制約条件式については、南雲・箕輪 (5) を参照していただきたい。

さて、上記問題をシンプレックス法により解いた結果、11 種類の代替案が作製された。その結果を表-1 に示す。

明らかに、目的空間 (総収穫量) においては類似した結果を与えつつ、決定空間 (伐採面積) においては異なった代替案が作製されていることがわかる。

IV. 考 察

南雲・箕輪 (5) のモデルにおける、改良期間中の総収穫量を最大にするという目的をほぼ満足しつつ、決定空間においては異なるような代替案を、ファジィな目的や制約のもとで作製する方法を考察した。

従来の方法と比較して、より現実的な意思決定を行うためには、クリスプ集合で表現することができない人間の曖昧な認識や理解を含むような制約条件を考慮しつつ、このようないくつもの代替案を作り、それらについて注意深く検討することが必要であろう。

本研究において用いたファジィ HSJ 法においては、意思決定者は min オペレータに対する最大化決定に従うことが暗黙のうちに仮定されている。さらに、代替案作製の一連の過程において、メンバーシップ関数の決定に関する意思決定者との対話がまったく考慮されていないという問題点がある。したがって本手法の進むべき方向としては、min オペレータ以外の、たとえば和オペレータや積オペレータ等の選択を許す定式化、さらに目的関数のメンバーシップ関数空間における意思決定者の基準点を、対話によって更新することを可能にするシステムの構築が考えられる。多目的計画手法におけるこのようなシステム(たとえば、Interactive Fuzzy Satisficing Method (6) など) の森林利用計画に対する重要性はますます増大してくるものと考えられる。

引用文献

- (1) BRILL, E. E., Jr., CHANG, S. Y., and HOPKINS, L. D.: Modeling to generate alternatives — The HSJ approach and illustration using a problem in land use planning—. Manage. Sci. 28: 221~235, 1982
- (2) CAMPBELL, G. E., and MENDOZA, G. A.: Adapting modeling to generate alternatives (MGA) techniques to forest level planning. J. Environ. Manage. 26: 151~161, 1988
- (3) CHANG, S. Y., BRILL, E. D., Jr., and HOPKINS, L. D.:

- Modeling to generate alternatives: A fuzzy approach. *Fuzzy Sets and Systems* 9: 137~151, 1983
- (4) MENDOZA, G. A., BARE, B. B., and CAMPBELL, G. E.: Multiobjective programming for generating alternatives. A multiple-use planning example. *For. Sci.* 33: 458~468, 1987
- (5) 南雲秀次郎・箕輪光博: 線型計画法による収穫規整の分析. *東大演報* 63: 235~265, 1967
- (6) 坂和正敏・矢野 均: ファジイパラメータを含む多目的非線形計画問題に対する対話型ファジイ満足化手法. *電気通信学会論文誌 J68-A*: 1038~1046, 1985
- (7) ZIMMERMANN, H.-J.: Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems* 1: 45~55, 1978

(1989年5月12日受理)